E/CONF.39/A/331
3 Nov.1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A.4.3.1.

France

PRODUCTION D'ENERGIE ET POMPAGE SOUS BASSES CHUTES DANS LES CANAUX D'IRRIGATION

Par C.T. ADVANI,
Ingénieur,
Sogreah, Grenoble, France

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

PRODUCTION D'ENERGIE ET POMPAGE SOUS BASSES CHUTES DANS LES CANAUX D'IRRIGATION

par C.T. ADVANI, ingénieur
SOGREAH - GRENOBLE - FRANCE

I. INTRODUCTION

Parmi tous les barrages construits dans le monde, il en existe un bon nombre dont la retenue sert principalement à alimenter des réseaux d'irrigation. De tels aménagements peuvent être de deux types :

a) la retenue agit comme bassin d'accumulation et alimente à l'aval du barrage un système souvent composé de petits barrages situés le long du cours d'eau. Ce sont ces derniers qui, par gravité ou un autre moyen, permettent l'irrigation des terres,

b) la retenue alimente elle-même un seul grand réseau au moyen d'une prise d'eau située à l'amont du barrage.

La présente note traitera des possibilités d'équipement hydro-électrique dans les aménagements du second type seulement c'est-à-dire avec une prise d'eau à l'amont du barrage.

II. RAISON D'ETRE D'UNE PRODUCTION D'ENERGIE

Dans le passé, les ingénieurs qui concevaient des aménagements servant à des buts multiples, considéraient que l'intérêt de l'irrigation ne pouvait aller de pair avec celui de l'énergie.

En effet l'eau lâchée à l'aval du barrage pour la production de l'énergie était perdue pour le canal d'irrigation dont la prise d'eau se trouvait à l'amont. Ceci évidemment dans le cas où le réservoir étant plein, le débit d'arrivée était moindre que la demande d'irrigation.

Par conséquent, chaque fois que la demande d'irrigation s'avérait prépondérante dans un projet, la production d'énergie était laissée de côté et le projet devenait essentiellement un projet d'irrigation. Les besoins d'énergie de la région étaient alors assurés par d'autres sources, soit une ligne de transmission dans les pays développés, soit des stations de diesel et des usines thermiques dans les pays sous-développés, où les régions à irriguer ne pouvaient être reliées au réseau national par suite de leur isolement.

Selon la topographie des terres à irriguer et par conséquent selon l'élévation de la prise d'eau par rapport au niveau maximum de la retenue, il y a normalement une certaine chute entre le niveau amont et le niveau aval de la prise d'eau d'un canal d'irrigation. Dans les projets de type courant des vannes installées dans la prise d'eau contrôlent l'alimentation du canal. Si ce canal a une longueur importante, il y a, en divers points du canal des dispositifs de régulation, qui servent de départ à des canaux secondaires. Là encore, il existe une certaine chute et le débit est contrôlé par des vannes appropriées.

Or, les ingénieurs d'autrefois ne considéraient pas l'utilisation de ces chutes disponibles à l'entrée et le long du canal. La raison en était la suivante : en dépit des nombreux perfectionnement apportés dans la conception des turbines de basses chutes, il y avait une valeur minimum de la chute sous laquelle la production d'énergie n'était pas considérée comme rentable. Cette limite, d'environ 12 mètres, était déterminée, par le coût du kilowatt installé. Pour des groupes classiques à axe vertical prévus sous des chutes inférieures à 12 mètres, ce coût devenait prohibitif à cause des grandes dimensions des machines et, au point de vue du génie civil, de l'importance des excavations, du bétonnage, etc...

Durant plusieurs années, nous avons procédé à un grand nombre d'études et d'essais pour développer le domaine des basses chutes. Ces études furent entreprises initialement en vue de l'équipement des centrales marémotrices. Nous nous sommes aperçus, après quelques années de recherches assidues, que l'équipement élaboré pour les centrales marémotrices pouvait s'adapter très bien à celles des basses chutes dans le cas des usines au fil de l'eau et dans celui des canaux d'irrigation.

Afin de permettre une production d'énergie rentable pour les basses chutes, il était nécessaire d'adopter un système qui réduisait le coût de la machine et celui des travaux de génie civil. Dans ce but, nous avons adopté les principes de conception suivants :

- l'axe de l'alternateur est : soit horizontal, soit légèrement incliné,
- la turbine est du type Hélice dont les pales sont fixes ou mobiles,
- l'aspirateur est rectiligne au lieu d'être recourbé comme pour les groupes classiques,
- l'alternateur est d'une conception spéciale et de faible encombrement. Il est logé dans une sorte de bulbe, situé à l'amont ou à l'aval de la roue.

Le groupe "Bulbe" peut être adapté à divers fonctionnements. En dessinant convenablement la forme des pales et le mécanisme de commande, il est possible de faire fonctionner le groupe aussi bien en pompe qu'en turbine dans les deux sens.

L'avantage de ces groupes au point de vue génie civil vient de la réduction de l'espace entre chaque groupe et de l'excavation qui est beaucoup moins importante qu'avec des groupes classiques dont l'aspirateur est recourbé (voir figure 1).

Il serait bon de noter cependant que ces groupes "Bulbe" ont un faible moment d'inertie à cause de leurs dimensions réduites et qu'ils ne peuvent contribuer à la tenue de la fréquence. Ils peuvent être en général reliés à un réseau alimenté par des groupes plus stables ou fournir l'énergie d'une demande de puissance réactive, comme un ensemble de pompes de drainage.

III. CARACTERISTIQUES D'UNE INSTALLATION DE TURBINES-POMPES

Nous exécutons actuellement pour la République du Soudan, dans la région de Khashm el Girba, un projet de barrage sur la rivière Atbara, dont la retenue alimentera un canal d'irrigation.

Ce barrage d'une hauteur de 45 mètres, comporte une partie centrale en béton et une digue en terre de chaque côté. Entre le barrage et la digue en terre de gauche (figure 2), nous avons prévu un ouvrage de prise d'eau pour le canal d'irrigation. Cet ouvrage renferme trois turbines-pompes et deux vannes Secteur de compensation. Ces vannes sont prévues pour alimenter le canal d'irrigation lorsque les turbines-pompes ne sont pas utilisées. La figure 1 montre une vue en coupe de la prise d'eau et permet de voir la disposition des turbines-pompes.

Le barrage renferme également un ouvrage évacuateur de crues équipé de sept vannes secteur de fond et de cinq vannes de surface pour l'évacuation des corps flottants. La capacité totale d'évacuation de cet ouvrage est d'environ 10.000 m3/s. Le débit moyen annuel de la rivière Atbara est d'environ 12 Milliards de m3 et la capacité de la retenue a été estimée à 1,3 Milliard de m3.

Les droits des riverains à l'aval du barrage imposent un débit réservé minimum de 5m3/s, qu'il nous a semblé rentable de turbiner. De plus, durant les années de grandes crues et les opérations de dévasement, un débit important doit être lâché à l'aval. Nous avons donc prévu, comme le montre la figure 2, une centrale aval, équipée de deux turbines Kaplan, qui fournira l'énergie nécessaire au fonctionnement en pompes des groupes bulbes. Ces deux turbines admettent chacune un débit de 10 m3/s et ont une puissance respective de 4.800 CV. Lorsque le réservoir est plein (niveau 473) et pour un niveau aval normal (432), ces groupes tournent sous une chute de 41 mètres. Ils ont été conçus pour fonctionner sous la chute minimum de 20 mètres, correspondant à un niveau du réservoir de 452 et à un niveau aval de 432 mètres minimum imposé par un seuil naturel.

Pour répondre en permanence à la demande de puissance, nous avons prévu en outre trois groupes Diesel d'une puissance de 2.000 CV chacun.

Le canal d'irrigation a une capacité de 100 m3/s. Le radier du canal à la sortie des turbines-pompes est au niveau 463, et pour un débit de 100 m3/s, le niveau d'eau atteint la cote 467. Dans ces conditions et pour une retenue maximum (473), les turbines-pompes fournissent chacune 2.400 CV sous 6 mètres de chute. Cette chute est fonction non seulement du niveau amont dans le réservoir mais aussi du niveau aval dans le canal, qui varie suivant la demande du débit d'irrigation. Pour une chute inférieure à 2 mètres, les turbines-pompes ne peuvent plus fonctionner, et le débit nécessaire à l'irrigation est fourni par les vannes de compensation. Ces vannes sont contrôlées automatiquement par le niveau aval.

Lorsque la chute devient nulle entre le niveau du réservoir et celui du canal, les groupes Bulbe démarrent en pompe pour alimenter le canal d'irrigation. Ce fonctionnement est possible jusqu'à une hauteur de refoulement de 4,5 mètres. Nous avons calculé qu'à cet instant, les besoins normaux d'irrigation sont satisfaits.

La puissance nécessaire au démarrage des groupes Bulbe sera fournie par la station de Diesel ou par la centrale aval car tout le système générateur sera interconnecté dans un même réseau séparé.

L'alternateur de chaque groupe Bulbe est relié à sa turbine au moyen d'un multiplicateur de vitesse et un volant a été ajouté pour augmenter son moment d'inertie. Ces groupes sont d'ailleurs couplés électriquement avec ceux de la centrale aval dont le PD2 a été surdimensionné pour augmenter la stabilité du réseau.

Nous voyons donc qu'une interconnection appropriée des différents groupes générateurs nous permet d'équiper avantageusement la prise d'eau d'un canal d'irrigation. Une telle installation permet, en plus d'une production intéressante d'énergie, la récupération d'une partie de la tranche morte du réservoir, et, pour une année moyenne, une période continue d'irrigation des terres.

IV. EQUIPEMENT DES PETITES CHUTES LE LONG D'UN CANAL D'IRRIGATION

Les canaux d'irrigation importants sont souvent divisés en plusieurs tronçons en cascade, dont les chutes sont équipées de vannes et permettent l'alimentation par gravité des canaux secondaires d'irrigation.

En Inde et au Pakistan, où il y a un vaste réseau de canaux d'irrigation, plusieurs petites chutes comprises entre 2,5 et 6 mètres sont ainsi aménagées. Le débit des canaux varie entre 30 et 400 m3/s.

Nous avons étudié la possibilité d'équiper les quatres petites chutes d'un canal en vue de la production de l'énergie. Ces chutes étaient de l'ordre de 2,5 m et le débit du canal d'environ 60 m3/s.

Par exemple, pour une de ces chutes de 2,8 mètres, où le débit à équiper était de 54 m3/s, nous avons conçu la petite centrale représentée à la figure 3.

Aux approches du site particulier que nous avons étudié, le canal principal se divise en deux canaux secondaires dont l'un conduit à une écluse et l'autre à un déversoir. Notre projet consistait en l'implantation sur l'île ainsi formée, d'une dérivation entre l'amont et l'aval du déversoir, et l'installation sur cette dérivation d'une centrale. Nous avons proposé d'équiper la centrale de six groupes type siphon. Ces groupes, pourvus de génératrices asynchrones à induction, ont une puissance de 1.200 kW.

Une installation en siphon tire ses avantages d'une construction simple et robuste et ne nécessite pas de vanne de protection. La manoeuvre du siphon est de plus très simple. Le sommet du siphon dépasse le niveau amont normal, et la sortie de l'aspirateur est toujours noyée. Au démarrage, une seule pompe est nécessaire pour l'amorçage des six siphons. Un flotteur rend l'opération automatique. A l'arrêt des groupes, on coupe automatiquement le débit en désamorçant le siphon au moyen d'un robinet d'air. Nous pouvons aussi ajouter que le montage et le démontage de ces groupes "monobloc" sont simples et très rapides.

Le choix de ce site était justifié par la proximité d'une ligne de transmission de 33 kV, qui permettrait le branchement des génératrices à induction, et ainsi la régulation de la puissance et de la fréquence.

V. CONCLUSION

Par deux exemples, nous avons essayé de montrer les différents aspects et problèmes qui doivent être considérés dans des projets d'équipement de prise d'eau et de basses chutes d'un canal d'irrigation pour la production d'énergie.

Evidemment, ces installations nécessitent non seulement une étude préalable de tous les aspects de production, de régulation et d'interconnection électrique, mais encore une recherche économique de l'ensemble des aménagements.

En fait, dans les canaux d'irrigation où il faut de toutes façons dissiper l'énergie à l'aval des vannes de contrôle, nous proposons de récupérer cette énergie là où c'est techniquement et économiquement possible.

L'espace réduit qui nous a été alloué dans cette communication ne nous a pas permis de présenter l'aspect théorique des différentes possibilités, ni de donner les calculs des problèmes hydrauliques qui se posent dans les deux projets que nous avons étudiés.

DISPOSITION DE TURBINE POMPE
SUR LA PRISE D'EAU D'UN CANAL D'IRRIGATION

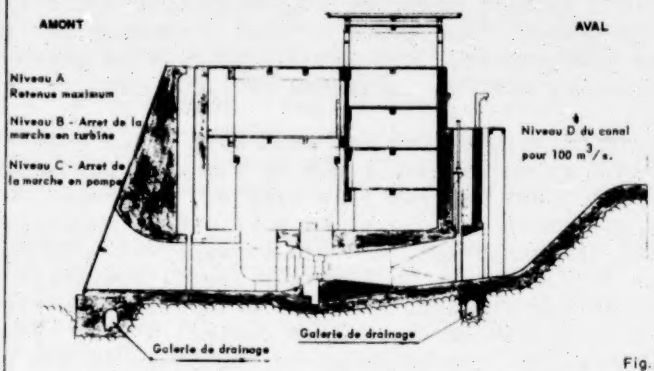
AMONT
AVAL
Niveau A
Retenue maximum
Niveau B - Arrêt de la marche en turbine
Niveau C - Arrêt de la marche en pompe
Niveau D du canal pour 100 m³/s.
Galerie de drainage
Galerie de drainage

Fig. 1

PROJET D'IRRIGATION UTILISANT DES TURBINE - POMPES
A L'ENTREE DU CANAL

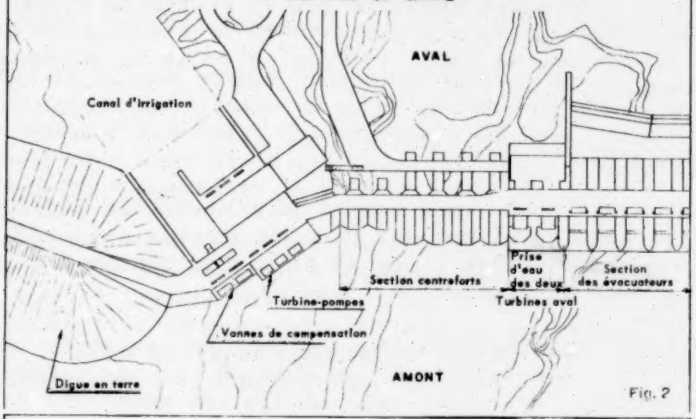

Fig. 2

DISPOSITION GENERALE D'UN GROUPE DE TYPE SIPHON

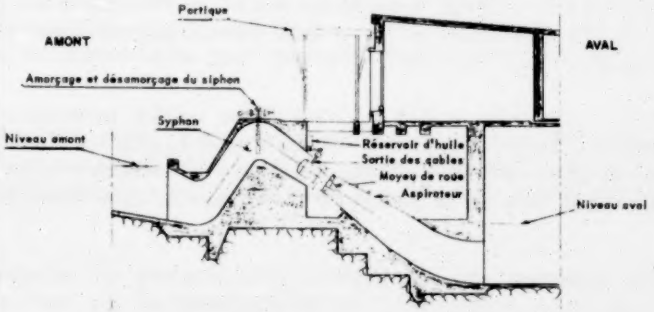

Fig. 3

1486 F - Nov.1962 - 1,000